

Variação espacial da temperatura de superfície durante o verão em Erechim – RS

Spatial variation of surface temperature during summer in Erechim – RS

Pedro Murara*

Eduarda Agnolin**

Bruno Prina***

Palavras-chave:
Dinâmica atmosférica
Temperatura
Sensoriamento remoto

Resumo: Diante do fato de que cerca de 54% da população mundial vive em áreas urbanas, problemáticas de diversas naturezas envolvendo a degradação de determinados ambientes passam a fazer parte da vida dos cidadãos. Estudos sobre a identificação de ilhas de calor nas áreas urbanas passaram a ser investigados a partir dos processos de urbanização. Neste sentido, o presente artigo buscou identificar a ocorrência do fenômeno de ilhas de calor na área urbana de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul. Pautado inicialmente na compreensão da dinâmica atmosférica da área de estudo, os procedimentos envolveram a coleta, análise e tratamento de imagens de satélite, bem como, a elaboração de mapas por meio de cálculos e índices que deram suporte metodológico e tecnológico para identificação e caracterização das ilhas de calor urbanas. Os resultados permitem concluir que os locais sujeitos a retirada da cobertura vegetal, nos quais foram efetuadas impermeabilização do solo, seja por construções ou asfaltamento, as temperaturas registradas são superiores as localidades com cobertura vegetal, assim como, localidades de fundo de vale, devido a altitude e presença de vegetação.

Keyword:
Atmospheric dynamics
Temperature
Remote sensing

Abstract: About 54% of the world's population lives in urban areas, problems of various kinds involving the degradation of certain environments become part of the life of the city. Studies on the identification of heat islands in urban areas are now being investigated from urbanization processes. This paper aimed to identify the occurrence of the heat island phenomenon in the urban area of Erechim, in the state of Rio Grande do Sul. Based on the understanding of the atmospheric dynamics of the study area, the procedures involved the collection, analysis and treatment of satellite images, as well as the elaboration of maps through calculations and indices that provided methodological and technological support for the identification and characterization of urban heat islands. The results allow us to conclude that the sites subject to removal of the vegetation cover, where soil sealing was done, either by constructions or asphaltting, the recorded temperatures are higher than the locations with vegetation cover, as well as valley bottom locations, due to altitude and presence of vegetation.

Recebido em 31 de outubro de 2019. Aprovado em 20 de maio de 2020.

* Orientador e Docente do Curso de Geografia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Erechim (RS). Graduado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Mestre e doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: <pedro.murara@uffs.edu.br>.

** Acadêmica do Curso de Geografia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim (RS). E-mail: <eduardagnolin@gmail.com>.

*** Técnico de Laboratório, na área de Geotecnologia e Topografia, junto a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus de Erechim (RS). Possui Graduação em Geoprocessamento pela Universidade Federal de Santa Maria, Mestrado em Geografia pela UFSM e Doutorado em Geografia pela UFSM. E-mail: <bruno.prina@uffs.edu.br>.

Introdução

Segundo dados da Organização das Nações Unidas, estima-se que a população mundial deva crescer em cerca de 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos (projeções de 2019) para 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2019). Diante destas cifras, podemos concluir que a população mundial, as civilizações, se tornaram uma força de alcance planetário e de duração e abrangência geológicas. A algumas décadas que somos bilhões de pessoas no mundo e continuamos nos multiplicando, ocupando os mais diversos pontos do planeta. Os seres humanos apresentam uma tendência de fazer da cidade e dos espaços urbanos a principal localidade de fixação para o desenvolvimento de suas atividades cotidianas. Atualmente, cerca de 54% da população mundial vive em áreas urbanas (UNRIC, 2019).

Esse processo de ocupação das cidades se deu principalmente com a consolidação do capitalismo industrial no século XIX, quando houve uma série de transformações nos espaços urbanos oriundos do aumento populacional que, refletiu no crescimento das cidades em um ritmo que não foi alcançado com a mesma velocidade pela implantação de infraestrutura adequada ou, suficiente para os cidadãos urbanos (BRANDÃO, 2009; DANNI, 1987; LOMBARDO, 1985; MENDONÇA, MONTEIRO, 2003).

Como resultado deste processo de urbanização, as relações que envolvem os aspectos sociais, econômicos e ambientais das cidades, e do seu entorno, começaram a apresentar problemáticas de diversas naturezas envolvendo a degradação de determinados ambientes. Uma vez que não exista hoje uma região sequer que não seja afetada direta ou indiretamente pelo conjunto da atividade humana, as cidades se tornaram o palco e o foco das investigações sobre os impactos das alterações das paisagens pela ação antrópica (MONTEIRO, 1976).

Estudos demonstram que uma das consequências do processo de urbanização é a alteração no balanço de radiação da superfície terrestre (DANI, 1987, MONTEIRO, 1976), que é causada pela substituição da cobertura natural

(áreas de vegetação nativas), por materiais construtivos enquanto elementos resultantes da produção do espaço. A modelo de exemplo, citamos a impermeabilização do solo pelas vias de circulação e o aumento da temperatura nas cidades, resultante da alteração do balanço energético oriundo das diversas atividades humanas.

O balanço energético pode ser entendido como a quantidade de energia solar que é absorvida pela superfície terrestre e refletida de volta para a atmosfera. Parte desta energia chega à superfície e é aprisionada pelos materiais, que encontra nas diferentes superfícies, se aquecem e transferem calor para os ambientes. Parte desta energia é aprisionada na baixa atmosfera e resulta em calor (altas temperaturas), outra parte, é liberada e retorna para as altas camadas da atmosfera.

As áreas urbanas podem ser entendidas como resultantes da apropriação e transformação dos espaços naturais pela ação antrópica. A complexa geometria das superfícies construídas, associada às propriedades térmicas dos materiais que constituem às edificações, altera o balanço de energia nas cidades, refletindo em variações na escala do urbano de elementos do clima, como temperatura e umidade do ar, ou seja, produz condições atmosférica próprias destas localidades, o clima urbano (MONTEIRO, 1976).

Deste modo, os estudos de clima urbano passaram a identificar diferenças simultâneas de temperaturas nas áreas urbanas (valores mais elevados de temperatura) quando comparados com o entorno, não urbano (valores menores de temperatura) e ainda, verificar diferenças e variabilidade de temperatura no ambiente intraurbano para identificação das ilhas de calor urbanas (MENDONÇA, 2002).

Conceitualmente, o termo “ilha de calor” é, segundo Fialho (2012) identificado pela primeira vez em uma publicação científica por Gordon Manley, no ano de 1960, e compreendido como a diferença de temperatura existente na cidade e seu entorno, o que Gartland (2010) denomina de “oásis inverso”. Trata-se, portanto, da combinação de tempo atmosférico e características urbanas propícias para o seu surgimento (AMORIM, 2017; ARNFIELD, 2003; OKE, 1978).

As ilhas de calor não são únicas e podem ser classificadas em três tipos:

1. Atmosfera urbana inferior: identificada entre o nível do solo e o nível médio dos telhados. Para sua identificação, as medidas são efetuadas abaixo do nível do topo dos edifícios.
2. Atmosfera urbana superior: identificada acima das construções, ou seja, onde acaba a cidade em altitude para cima. Trata-se da parte superior da camada limite urbana que apresenta características de temperatura, umidade, turbulência e composição de atmosfera são influenciadas pela presença da cidade (AMORIM, 2017 apud OKE, 1995).
3. Superficial: diagnosticada por meio da refletância da superfície e dos materiais (construtivos, alterações do uso do solo) que constituem.

As ilhas de calor atmosféricas inferiores são diagnosticadas por meio da técnica de transectos móveis e estações meteorológicas. Embora seja uma metodologia muito utilizada, apresenta algumas limitações uma vez que estes métodos desconsideram algumas feições da superfície, cometendo generalizações (AMORIM, 2017). Isso ocorre porque as informações utilizadas para a identificação da ilha de calor são pontuais e faz-se necessário a interpolação para áreas em que não há coleta de dados e informações, diante do fato de ser inviável pontos de coleta a cada metro quadrado. Esse formato de ilha é diagnosticado em comparação com a área rural, apresentando uma variabilidade temporal, sendo mais evidente no período noturno.

As ilhas de calor atmosféricas urbanas superiores são diagnosticadas acima das construções, ou seja, onde acaba a cidade em altitude para cima.

Também identificada como ilha de calor urbano vertical é definida por um perfil vertical térmico na camada limite urbana, que se difere das áreas rurais em função do fluxo de calor sensível antropogênico liberada pela camada do “Dossel” urbano.

Já as ilhas de calor superficiais são diagnósticas por meio do uso de sensoriamento remoto, são identificadas a partir do processo de radiação que chega a superfície terrestre por meio das ondas eletromagnéticas provenientes do sol. As radiações em contato com a superfície terrestre fazem com que ocorra, a radiância das superfícies que é medida por meio do albedo.

O albedo caracteriza-se pela capacidade que os corpos têm de refletir a radiação solar que sobre eles incide e este varia de acordo com a cor e constituição que os diferentes materiais apresentam.

O uso do sensoriamento remoto nas investigações da temperatura da superfície tem auxiliado na compreensão da distribuição das fontes de calor das áreas urbanas. No Brasil, investigações relacionadas a identificação de ilhas de calor por meio do uso do sensoriamento remoto tem registrado aumento nas últimas décadas tanto para metrópoles (ANDRADE *et al.*, 2007; BIAS; BAPTISTA, 2005; COLTRI *et al.*, 2007; LOMBARDO, 1985; SOUSA; BAPTISTA, 2005), quanto para cidade de porte médio e pequeno (AMORIM *et al.*, 2009; AMORIM; MONTEIRO, 2011; UGEDA JUNIOR, 2013).

Área de estudo

O município de Erechim está situado na porção norte-noroeste do estado do Rio Grande do Sul, localizado na região Sul do país, possui a segunda maior população da mesorregião do Noroeste Rio-grandense atrás somente do município de Passo Fundo. (Figura 1).

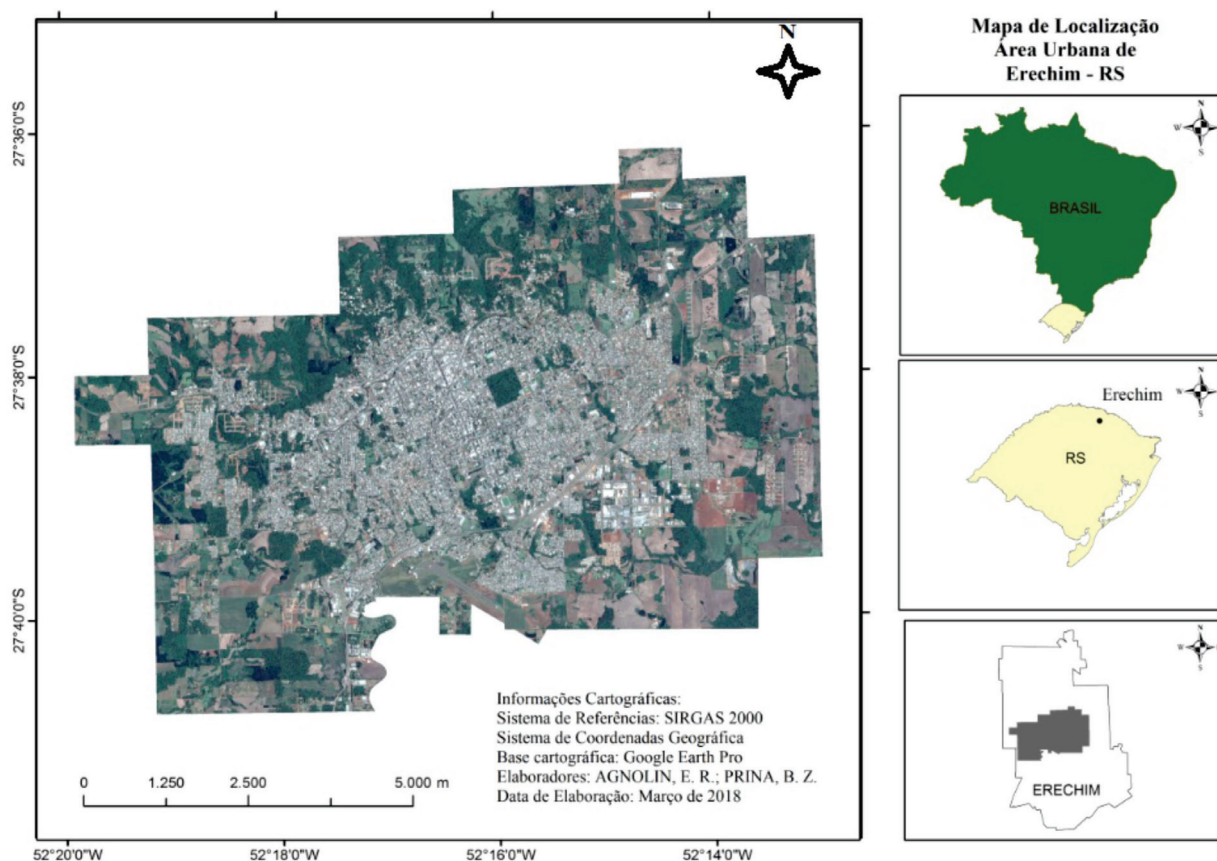


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

Fonte: os autores, 2018

Fundada com sede do povoado de Boa Vista do Erechim, seu território posteriormente foi desmembrado para criação de municípios do entorno. A cidade tem um designer moderno, pois inicialmente sua malha urbana foi desenhada e inspirada nos traçados de Paris, semelhante a um modelo radial (Figura 2), o que propiciou a plantação de árvores e também uma boa circulação de automóveis (IBGE, 2010; PME, 2017).

No entanto, a partir da segunda metade do século XX (1970) o crescimento urbano não acompanhou o plano pioneiro de implantação da cidade. Muito embora, o plano pioneiro tenha

se mantido na porção central da área urbana o relevo acidentado dificultou a continuidade da implantação do modelo radial de estruturação urbana (FURLAN; MURARA, 2018).

Ruas e avenidas, assim como ocupações a criação de bairros e a abertura de loteamentos resultou em uma cidade que cresceu para todas as direções, principalmente leste e oeste, visto que o relevo também dificulta o avanço para o norte da cidade. Ao norte da área urbana de Erechim se localiza o Vale Dourado, cujo acesso é dificultado por vias de circulação devido a inclinação abrupta das vertentes.

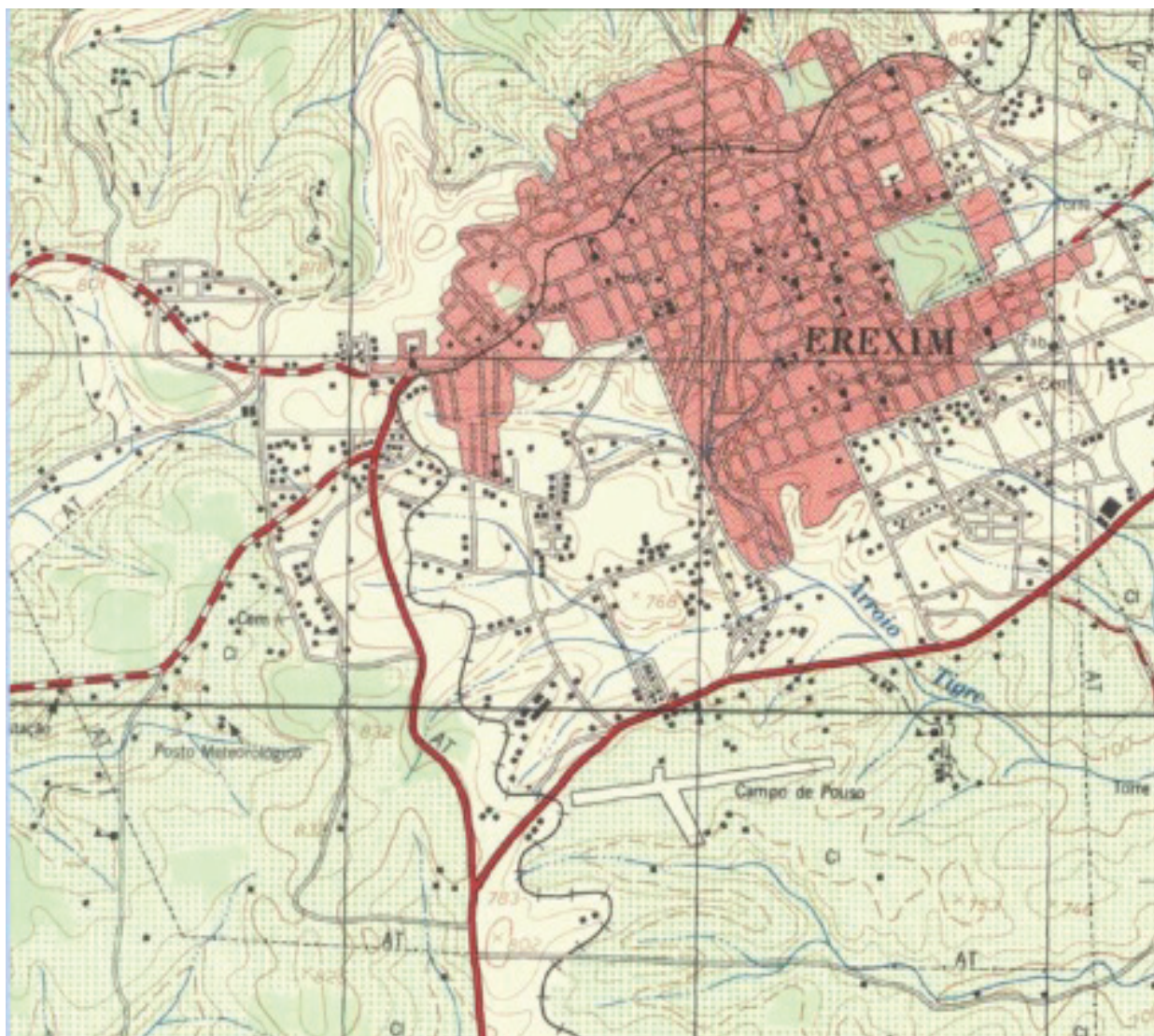


Figura 2: Carta topográfica da área urbana de Erechim, ano de 1975.

Fonte: UFSM, Cartas topográficas, 1975.

Com relação a dinâmica climática da área de estudo, atuam sistemas atmosférico tropicais e polares, como massa de ar tropical atlântica, massa de ar polar atlântica e a massa de ar tropical continental.

O estado do Rio Grande do Sul, por sua localização está sob domínio de uma dinâmica climática que no verão tem o predomínio da atuação de sistemas tropicais de elevada umidade e altas temperaturas, tornando as condições de tempo mais quente, resultando na ocorrência de episódios de precipitações pluviais, como as chuvas frontais e de convecção. No outono as massas tropicais embora atuantes, começam a perder força e a massa polar inicia suas primeiras incursões sobre o país.

No inverno, sob o domínio das massas polar a área de estudo caracteriza-se pela recorrente atuação de frentes frias garantindo as baixas temperaturas e diminuição da umidade do ar. Já durante a primavera a influência das massas tropicais voltam a aquecer a região sul do país, amenizam as condições de frio intenso e possibilitando o aumento da temperatura.

De acordo com a classificação climática de Rossato (2011) Erechim está sob a influência e interferência da massa tropical continental que corresponde a verões quentes e com elevada umidade. A primavera é uma estação de transição sendo também quente e úmida, por consequência dos sistemas frontais que atuam o ano todo, o inverno tem interferência das massas de ar: massa

tropical continental, massa polar atlântica e os sistemas frontais que se fazem presentes, o outono é caracterizado pela autora como época do ano que transita do inverno para o verão sendo característico por baixas temperaturas e ainda úmido.

Segundo Rossato (2011), Erechim situa-se em um clima subtropical IV, muito úmido com inverno fresco e verão quente. Área com menor influência dos sistemas polares, com maior atuação dos sistemas tropicais marítimos e continentais na primavera e verão, em associação com o efeito do relevo (Planalto Basáltico do Vale do Uruguai), e da continentalidade. Os sistemas frontais são responsáveis pela maior parte das precipitações.

Estudos sobre o clima urbano de Erechim são escassos, alguns materiais de divulgação pública, sem qualquer referência de estudos, são encontrados em uma busca pela internet e, um único estudo foi detectado sob a temática da investigação sobre a variabilidade espacial da temperatura do ar com o uso de transectos móveis na área urbana de Erechim. Realizado por Kegler *et al.* (2016), os autores identificaram que, sob domínio polar (massa de ar polar) em processo de tropicalização, o ambiente urbano apresentou temperaturas mais elevadas onde o solo era impermeável. Identificaram ainda que, nas localidades com maiores porções de áreas verdes (arborização), detectaram uma diminuição da temperatura, evidenciando um local de frescor dentro da cidade.

O trabalho de Kegler *et al.* (2016) é a única investigação sobre a variabilidade da temperatura urbana em Erechim. No entanto, conforme já explicitado, os transectos móveis, apesar de sua eficácia pontual na coleta de dados de temperatura, não é representativo de toda superfície/área de estudo, uma vez que coletará informações que resultarão de dados pontuais durante o trajeto do transecto.

Diante do exposto, e com o intuito de analisar toda a área urbana para identificação dos fatores que possam influenciar na variabilidade das temperaturas, o presente artigo objetivou identificar a ocorrência de ilhas de calor de superfície, durante um episódio de verão na área urbana de Erechim.

Material e métodos

Inicialmente foram coletados dados diários dos elementos climáticos – temperatura mínima, temperatura máxima, precipitação pluvial, umidade relativa do ar e pressão atmosférica – oriundos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para caracterizar às condições de tempo atmosférico durante a análise episódica. Com o auxílio de imagens do satélite Goes e cartas sinóticas disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) foi possível identificar os sistemas atmosféricos atuantes na área de estudos.

Foram coletas de imagens de satélite e a execução de análise das mesmas. Esses procedimentos foram realizados no Laboratório de Geoprocessamento. Deste modo, coletou-se imagens do satélite LandSat-8, disponíveis no sítio do Serviço Geológico Americano (United States Geological Survey - USGS). As imagens possuem uma resolução espacial de 30 metros. Desta forma, realizamos a seleção de imagens que não abrangesse a cobertura de nuvens. Utilizou-se de imagem do dia 24/02/2018 (Verão), correspondente a órbita-ponto 222-079, do satélite que captura imagens a cada 16 dias na área de estudo.

A etapa sucessiva refere-se ao desenvolvimento do mapa termal. De posse da imagem, foi utilizado o software ArcGIS®, versão 10.4 juntamente ao Laboratório de Geoprocessamento. Com relação às imagens do satélite, utilizou-se a banda 10 (infravermelho termal), referente ao sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor).

Em seguida, foi necessário realizar a conversão do sistema de referência dos dados para SIRGAS 2000, em coordenadas UTM (Fuso 22S), com a ferramenta “Project Raster” do ArcGIS. Na próxima etapa realizou-se o recorte da área estudada com o uso da ferramenta “Extract by Mask” (extração por máscara). O recorte ocorreu em relação a área urbana do município de Erechim.

Foi necessário realizar a transformação dos dados da banda 10, convertendo os níveis digitais da imagem para dados de refletância, conforme exposto na Equação 1.

$$E\lambda = K\rho * Zc\alpha + H\rho \quad (\text{Eq. 1})$$

Por meio do uso da equação 1, foi possível verificar os dados de refletância espectral do sensor de abertura, K como sendo o fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 (0,00033420), Z referindo-se aos valores de nível digital da banda, ou seja, é a entrada da própria banda no cálculo e, por fim, H como o fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 (0,100000).

Com os dados de refletância obtidos, na próxima etapa efetuou-se à realização da conversão desses dados para a temperatura da superfície em Kelvin, conforme apresentado na Equação 2.

$$T = \frac{E_2}{\ln \left(\frac{E_1}{B} + 1 \right)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Na Equação 2, “T” é identificado como sendo a temperatura da superfície em Kelvin (K), “E2” como a constante de calibração do sensor (1321,08), “E1” como outra constante de calibração (774,89), e, como a radiância espectral dos dados.

Por fim, por meio do uso da equação 3, procedeu a conversão da temperatura da superfície, de Kelvin para graus Celsius.

$$T (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273,15 \quad (\text{Eq. 3})$$

Na Equação 3 “T(°C)” refere-se a temperatura da superfície em graus Celsius, “T(K)”

a temperatura da superfície em graus Kelvin, e, “273,15” é a constante utilizada para a realização da conversão dos dados.

Elaboramos ainda um mapa de altimetria e um mapa de vegetação (áreas verdes), os quais auxiliaram na identificação das ilhas de calor para relacionar com a altitude, com as áreas construídas e com as áreas de vegetação, uma vez que esses fatores são influenciadores para a variação da temperatura. Concomitante com a finalização dos mapas, efetuamos a análise e comparação de modo a chegar a resultados mais consistentes.

O mapeamento altimétrico da área de estudo foi realizado junto ao uso de uma imagem do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), obtida junto ao USGS. Realizamos também uma classificação do uso da terra, juntamente a imagem LandSat-8, com o intuito de realizar a extração das áreas com vegetação dispostas na área analisada.

Resultados e discussão

Conforme apresentado na figura 3, o mapa altimétrico da área urbana de Erechim revela com tonalidades em amarelo e alaranjado áreas topograficamente mais elevadas, cuja cota máxima de altitude registrada é de 847 metros. Em contrapartida, as áreas em tons de azul, são identificadas como fundo de vales, com altitude mínima registrada de 589 metros. Desta forma, na área urbana foram constatadas amplitudes altimétricas de até 258 metros.

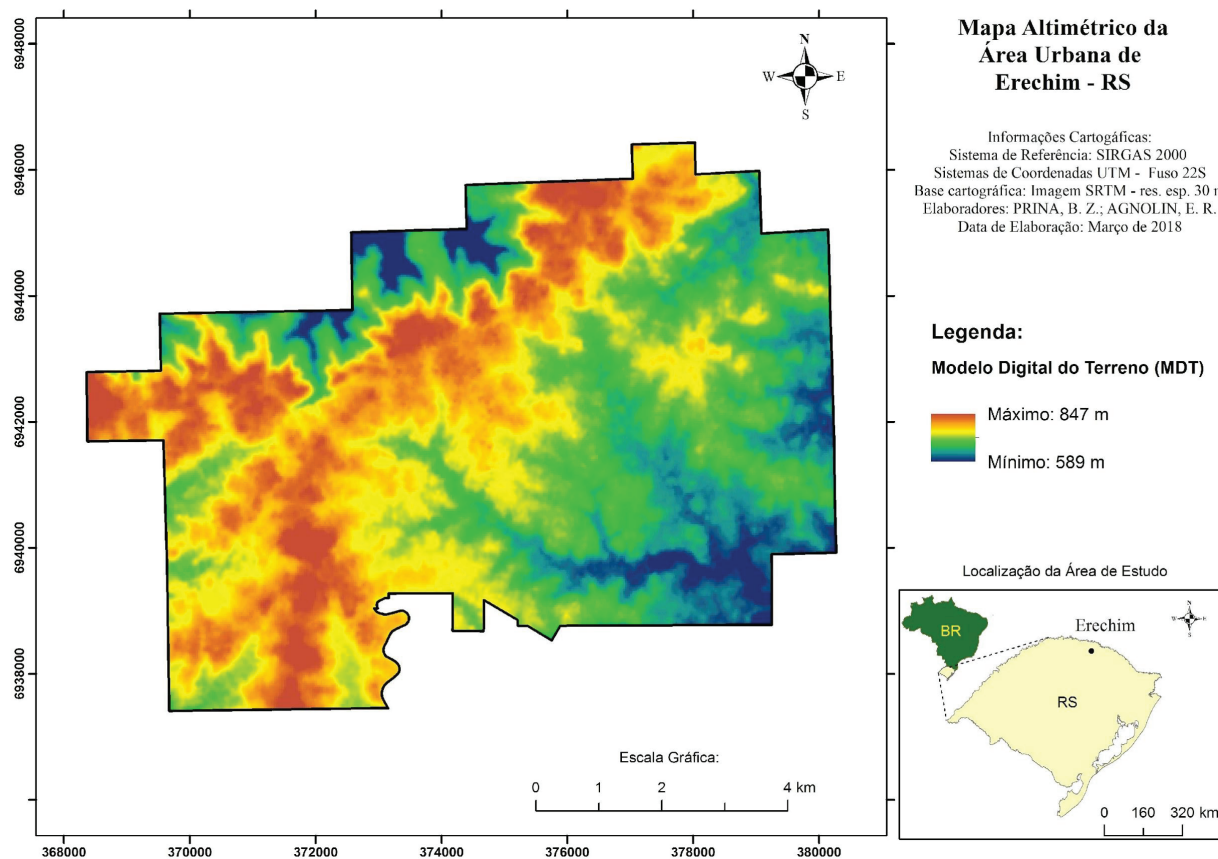


Figura 3: Mapa altimétrico da área urbana de Erechim.
Fonte: os autores, 2018.

Com relação a vegetação (figura 4) há um predomínio de áreas verdes nas bordas do perímetro urbano, refletindo o processo de expansão da malha urbana e aumento do perímetro central. Os fundos

de vale apresentam resquícios de áreas verdes e o destaque se dá para o Parque Natural Municipal Longines Malinowski, localizado na porção central da área urbana.

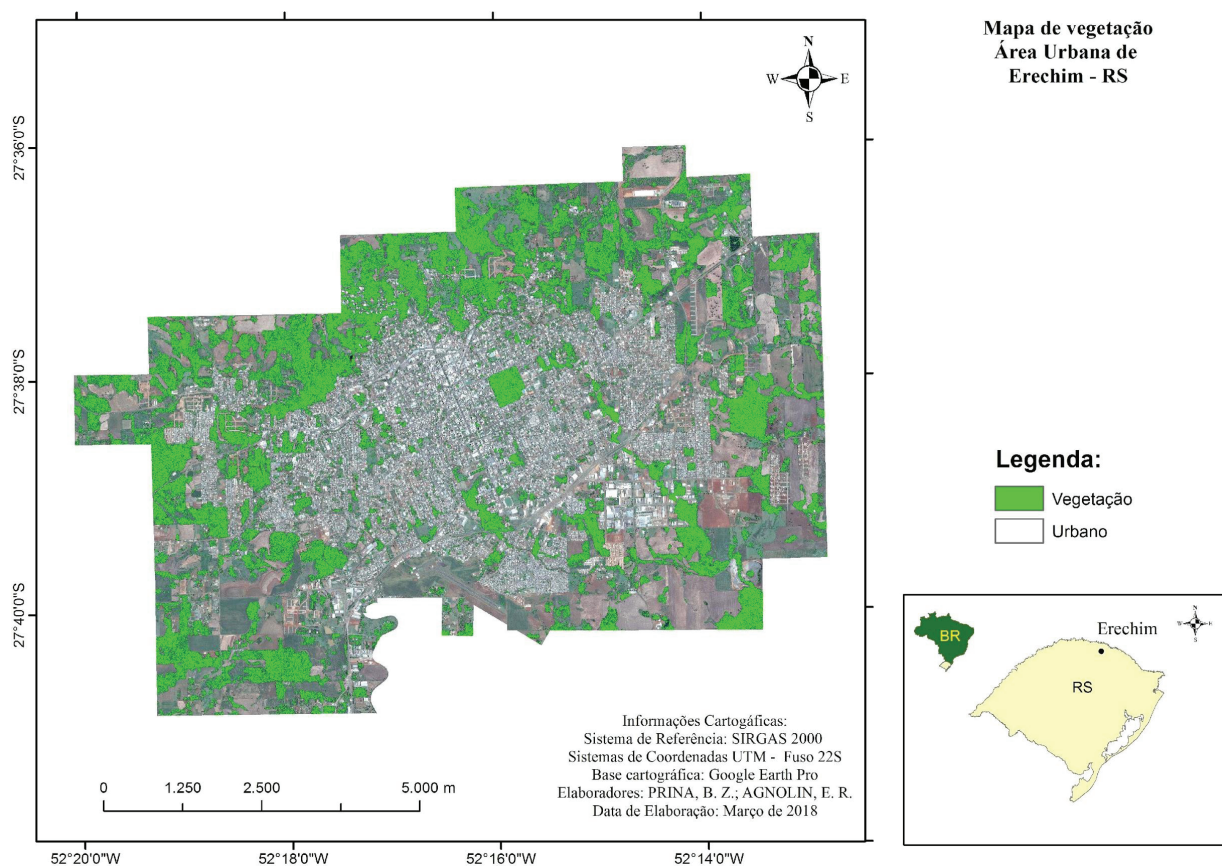


Figura 4: Mapa de vegetação da área urbana de Erechim.

Fonte: os autores, 2018.

De acordo com a figura 5, a variação da temperatura para o mês de fevereiro em Erechim registrou máxima de 25° e mínima de 16°C ao longo do mês. Os dias anteriores a identificação das ilhas de calor, foram registrados por temperaturas em queda, variando de mínima de 18,4° no dia 21/02 e máxima de 18,2°C no dia 23/02. No dia da análise, 24 de fevereiro, a mínima registrada foi de 22,4°C e máxima de 24,9°C.

Segundo informações do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), no mês de fevereiro de 2018 havia a atuação de uma ZCAS (Zona de Convergência Intertropical) sobre

o território nacional. Esse sistema é alimentado pela atuação de um sistema frontal sobre o Oceano Atlântico, resultando em uma banda de nuvens no sentido norte-sudeste e como consequência céu aberto e sem nuvens na região Sul do Brasil.

Por se tratar de um episódio de verão, a atuação no dia do evento de um sistema polar, repercutiu em baixas temperaturas nos dias 21, 22 e 23 de fevereiro. No entanto, o aquecimento do continente durante o período favoreceu para que os sistemas atuantes se aquecessem durante sua trajetória sobre a área de estudo.

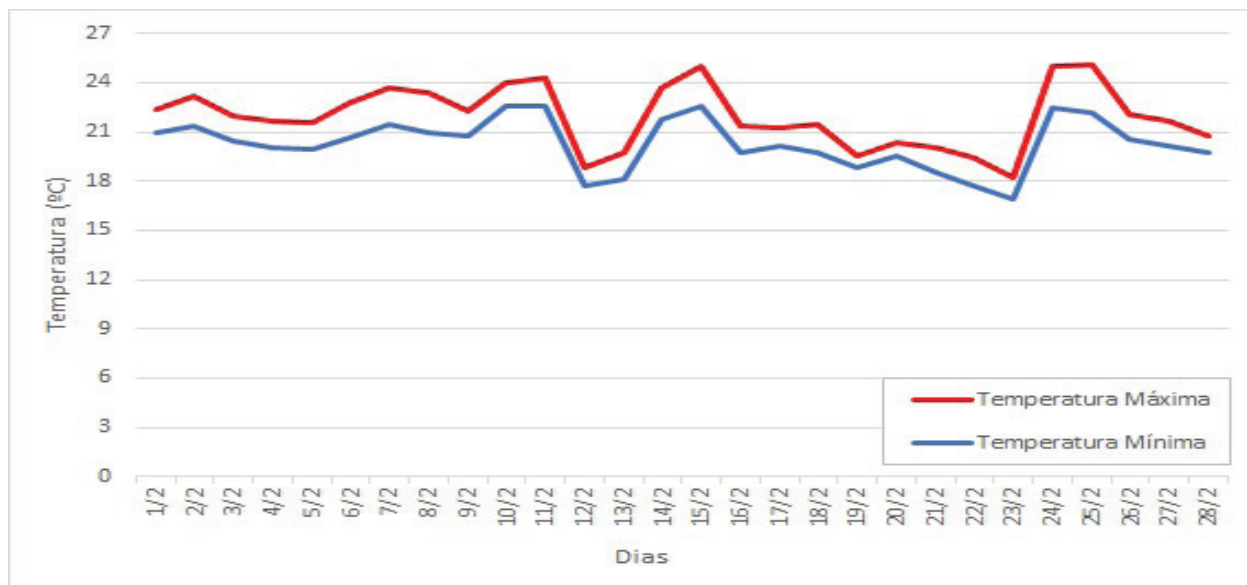


Figura 5: Gráfico da variação diária de temperatura no mês de fevereiro de 2018 em Erechim.

Fonte: INMET, 2018.

De acordo com o mapa da figura 6 é possível identificar que a porção central da malha urbana é o local identificado pelo aumento da temperatura. As manchas em vermelho registram variações térmicas de 27°C a 31°C e as menores temperaturas, identificadas nas bordas da malha urbana registram de 19°C a 22°C. Foi possível identificar uma amplitude térmica, durante um episódio de verão, de 12°C na temperatura de superfície na área urbana de Erechim.

Conforme apresentado na figura 4, as bordas da malha urbana são caracterizadas pela presença

de áreas verdes e refletem, portanto, um menor registro de temperatura de superfície. Assim como, os fundos de vale, como o canal fluvial denominado Rio Tigre, na porção sul do mapa, conforme pode ser observado em alguns pontos da figura 4 e 6.

Destaca-se ainda, o Parque Natural Municipal Longines Malinowski, localizado na porção central da área urbana, caracterizando-se como um “oásis urbano”, registrado desta forma, temperaturas inferiores ao seu entorno e caracterizando como uma ilha de frescor.

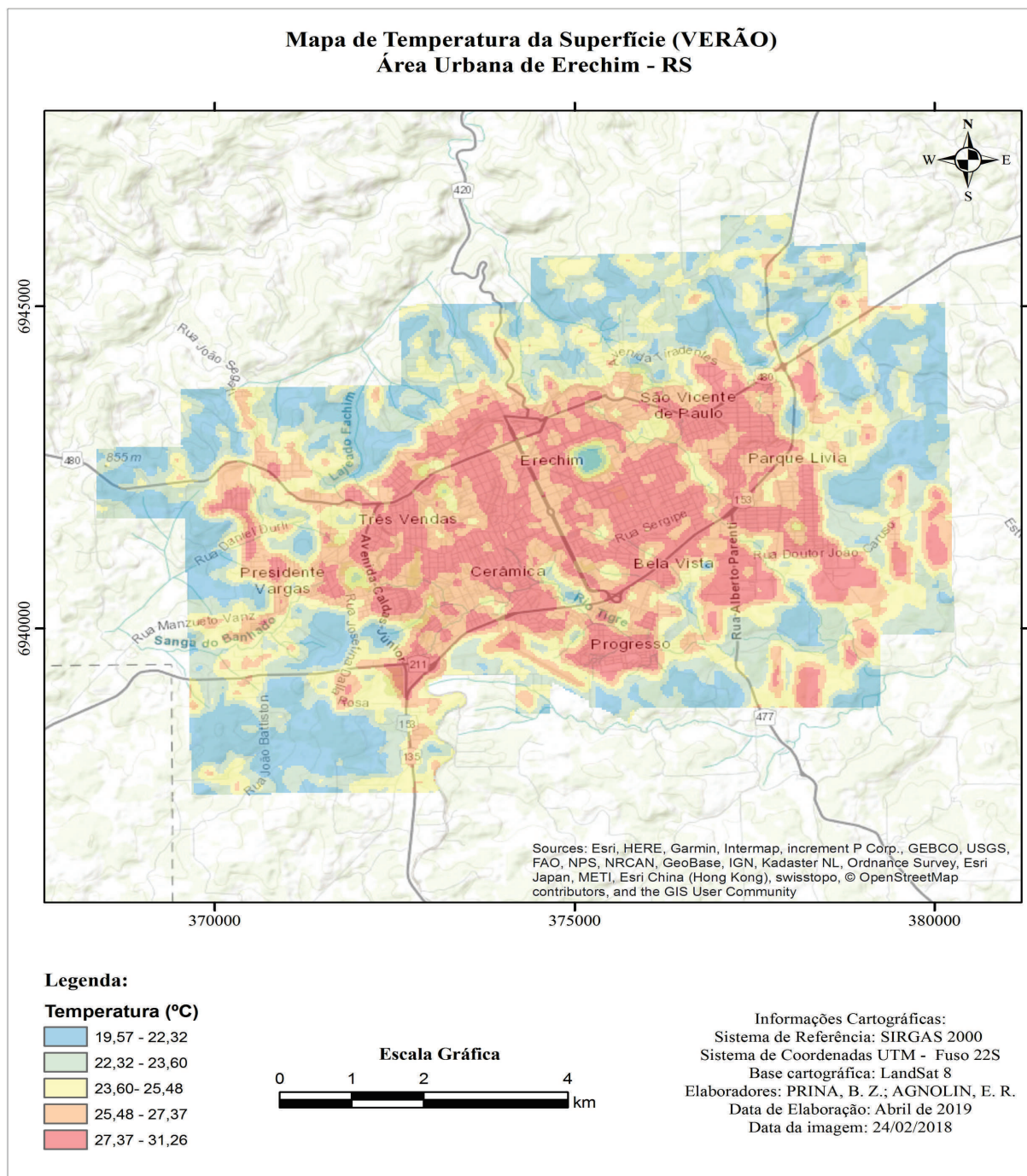


Figura 6: Mapa da temperatura da superfície, fevereiro de 2018, área urbana de Erechim.
 Fonte: Os autores, 2018.

Podemos destacar, conforme figura 6, a porção sul do mapa, no qual a rodovia BR-153, bem como os bairros do seu entorno, apresentam registros de temperatura de superfície mais elevadas, cuja máxima foi de 31,2°C. Embora se configurem como bairros, não pertencente a porção central da malha urbana, os denominados Distrito Industrial, bairro Atlântico, bairro Progresso e

bairro Cristo Rei, apresentam características de padrões construtivo denso, com ausência de praças e áreas verdes.

Conclusão

De maneira geral, a cobertura vegetal possibilita o processo de evaporação e

evapotranspiração, amenizando as temperaturas elevadas, isso ocorre em certas áreas da malha urbana de Erechim. Nos locais onde há intensa impermeabilização do solo, por meio do uso de materiais construtivos, fora observado o aumento da temperatura da superfície, reforçando, portanto, a conclusão de que as ações antrópicas de produção do espaço urbano refletem em alterações nos padrões e variabilidade dos elementos do clima na escala urbana.

Foi possível verificar de maneira expressiva como a malha urbana da cidade apresenta locais no qual há maior incidência de ilhas de calor. Assim, verifica-se que a incidência de solo exposto (por conta de novos loteamentos), bem como, a impermeabilização do solo pela malha urbana e a utilização de materiais construtivos diversos, além da verticalização da cidade, são fatores que acarretam no balanço térmico das cidades e consequentemente na incidência de ilhas calor de superfície.

Após a aplicação metodológica e análise dos resultados, pode-se destacar a eficiência quanto ao uso das ferramentas de geoprocessamento. O uso de imagens de satélite LandSat-8 foi de grande importância para o pleno desenvolvimento das rotinas metodológicas desse trabalho, mesmo que os dados mapeados sejam de um momento absoluto, no caso, na hora de aquisição da imagem

A realização de mapeamentos da temperatura da superfície é importante instrumento para verificar e identificar as ações humanas que são expressas nas paisagens, resultando na modificação da temperatura local. Podendo, desta forma, aferir que a presença de ilhas de calor urbana provocando disparidades de sensações térmicas e de temperaturas da superfície entre os cidadãos.

É preciso considerar que o ser humano enquanto transformador dos espaços, também está sujeito e vítima das transformações que efetua. Embora o presente estudo seja caracterizado pela escala local, vai ao encontro de outras investigações da variabilidade e dinâmica do sistema climático. Contribui no intuito de reafirmar que, na escala local as ações de alteração e modificações dos espaços

naturais pelo padrão construtivo imposto pelo nosso modelo civil altera elementos da natureza.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro.

Referências

- AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANNA NETO, J. L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (Franca). **Confins**, 7, p.116. 2009.
- AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, A. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. **Confins**, 13, p.118. 2011.
- AMORIM, M. C. C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finieterra**, LII, 105, 2017.
- ANDRADE, L. L.; SOUZA, L. H.; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. Estudo de ilhas de calor na cidade de São Jose dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat5 e o aerotransportado HSS. *In: Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Santa Catarina, Florianópolis: INPE. 2007.
- ARNIFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, London, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.
- BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M. A análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. *In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia. Goiás: INPE. 2005.
- BRANDÃO, R. S. **As Interações Espaciais Urbanas e o Clima: Incorporação das análises térmicas e energéticas no planejamento urbano**. 2009. 350 f.

- Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, 21-26 abril de 2007, INPE, 2007.
- CPTEC. **Centro de Previsões de Tempo Estudos climáticos**. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 12 jan.2018.
- DANNI, I. M. **Aspectos Temporo-Espaciais da Temperatura e Umidade Relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: Contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, p. 61-76, 2012.
- FURLAN, A.; MURARA, P. Análise de risco a partir do setor censitário na área urbana de Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 13 (jun), p. 177-201, 2018.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 12, jan., 2018.
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12, jan., 2018.
- LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.
- KEGLER, J. J.; WOLLMANN, C. A.; DUARTE, V. A.; HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Erechim/RS, sob domínio polar em processo de tropicalização. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 215-224, 2016.
- MENDONÇA, M. **A dinâmica têmporo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos**. São Paulo: Contexto, 2003.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Perspectivas Mundiais de População 2019**. Disponíveis em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em 19 set. 2019.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, 1978.
- OKE, J. B. *et al.* The Keck low-resolution imaging spectrometer. **Publications of the Astronomical Society of the Pacific**, v. 107, n. 710, p. 375, 1995.
- PME. **Prefeitura Municipal de Erechim**. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/>. Acesso em: 12 jan., 2018.
- ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- SOUSA, D. O.; BAPTISTA, G. M. M. Análise da influência da resolução espacial na determinação das ilhas urbanas de calor em São Paulo, por meio dos sensores ASTER e MODIS. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Goiás: INPE. 2005.
- UGEDA JUNIOR, J. C. Correlação entre a temperatura da superfície e temperatura do ar

na cidade de JalesSP. *In*: AMORIM, M. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Org.), **Climatologia Urbana e Regional**: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 291316

UNRIC. **United Nations Regional Information Centre for Western Europe**. Centro Regional de Informações das Nações Unidas. Disponível em:

<<https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>>. Acesso em 19 set. 2019.

USGS. **United States Geological Survey**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 12 jan. 2018.